



Tasa óptima de cobertura cambiaria con betas dinámicos: caso colombiano

Doli Jhoana García Páez
César Augusto Rodríguez Hernández

Colegio de Estudios Superiores de Administración – CESA
Maestría en finanzas corporativas
Bogotá
2016

Tasa óptima de cobertura cambiaria con betas dinámicos: caso colombiano

Doli Jhoana García Páez
César Augusto Rodríguez Hernández

Director:
Enrique ter Horst

Colegio de Estudios Superiores de Administración – CESA
Maestría en finanzas corporativas
Bogotá
2016

Tabla de contenido

1. Introducción.....	5
2. Desarrollo.....	12
2.1. Marco teórico	12
2.1.1. Administración del riesgo	12
2.1.2. Tipos de mercados financieros	13
2.1.3. Instrumentos derivados	13
2.1.4. Forwards de divisas	15
2.1.5. Métodos para determinar la tasa o ratio óptimo de cobertura.	17
2.1.6. Métodos de estimación del ratio de cobertura de mínima varianza	20
2.1.7. Derivación de la tasa optima de cobertura.	20
2.2. Metodología	22
2.2.1. Estrategias para el cálculo de la tasa de cobertura.	23
2.2.2. Evaluación de las estrategias de cobertura	26
3. Resultados	26
3.2. Ventanas rodantes	29
3.3. GARCH Bivariado	32
3.4. Evaluación de las estrategias de cobertura	36
4. Conclusiones	37
Bibliografía	39

Lista de gráficos

Gráfico 1. Tipo de Cambio COP USD	6
Gráfico 2. Precio del Petróleo en USD/Barril frente al tipo de cambio COP/USD	7
Gráfico 3. Serie de datos – Spot.....	27
Gráfico 4. Series de datos - Forward.....	27
Gráfico 5. Serie de datos Spot diferenciada	29
Gráfico 6. Coeficientes – ventana variable /paso fijo	31
Gráfico 7. Tasa de cobertura de mínima varianza con ventanas rodantes.....	31
Gráfico 8. Residuales de la ecuación de cointegración	33
Gráfico 9. Prueba de estabilidad del VECM	34
Gráfico 10. Covarianza spot y forward	35
Gráfico 11. Varianza del forward.....	35
Gráfico 12. Tasa de cobertura de mínima varianza con MGARCH.....	35

Lista de tablas

Tabla 1. Devaluaciones LATAM.....	5
Tabla 2. Comparación de contratos futuros y forwards	14
Tabla 3. Prueba ADF series de datos	28
Tabla 4. Resumen de resultados con estimación OLS	29
Tabla 5. Datos de entrada ventanas rodantes	30
Tabla 6. Matriz de correlaciones coeficientes – ventana fija/paso variable	30
Tabla 7. Matriz de correlaciones coeficientes – ventana variable /paso fijo.....	30
Tabla 8. Prueba Cointegración Engle-Granger	32
Tabla 9. Prueba Cointegración Johansen	32
Tabla 10. Evaluación dentro de muestra	37
Tabla 11. Evaluación fuera de muestra	37

Lista de Anexos

Anexo A. Resultados de la estimación del VECM	42
Anexo B. Parámetros estimados de la Diagonal BEKK	47

1. Introducción

En la última década, el comercio internacional ha sido una gran opción para aumentar la rentabilidad de los negocios, tanto para dar a conocer un producto y expandir el mercado, como para comprar los insumos necesarios para la producción a menor costo en otro país. Sin embargo, la globalización de la economía y el paso a un régimen de tasa de cambio flotante o determinada por las fuerzas del mercado, han traído consigo una preocupación por el riesgo inherente que genera las variaciones en la tasa de cambio (tendencia con movimientos no predecibles de devaluación y revaluación), al que se ven expuestos tanto exportadores como importadores; estos primeros se ven perjudicados cuando la tasa de cambio adopta una tendencia bajista, pues reciben menos pesos por sus ventas; los últimos se ven perjudicados cuando aumenta la tasa de cambio, pues deben pagar más pesos por sus importaciones. El uso de derivados -instrumentos financieros cuyo precio depende o se deriva del precio de otro activo- cobra relevancia para dichos sectores de la economía ya que están diseñados específicamente para mitigar este tipo de riesgos.

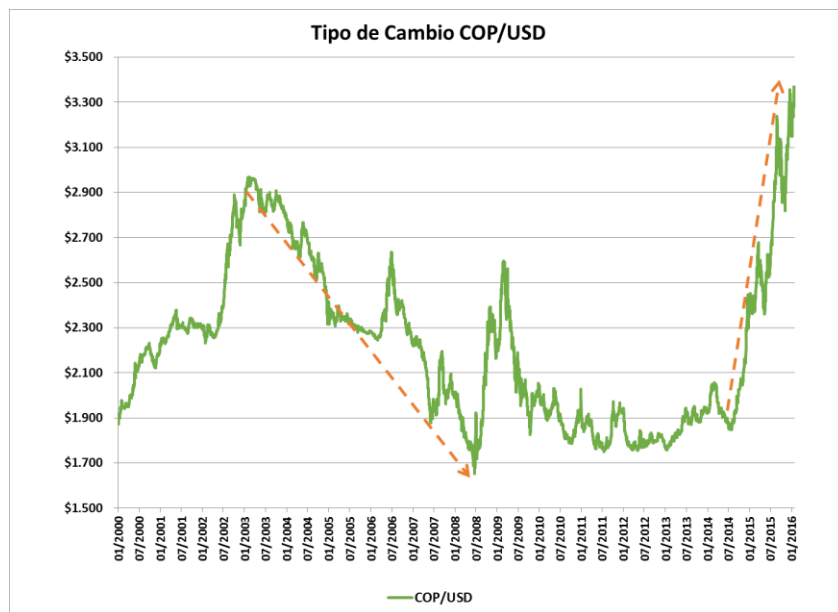
Desde 2003, Colombia venía en un periodo de apreciación de su moneda, destacando que el tipo de cambio entre 2009 y 2014 fue estable con cambios o saltos poco significativos entre periodos cortos de tiempo. Sin embargo, durante los últimos 2 años, esta moneda ha presentado altos niveles de depreciación frente al dólar norteamericano, con su punto más alto en 67,91% año corrido a Agosto 27 de 2015, comportamiento que ha sido similar con otras monedas de la región (ver tabla 1). Estos comportamientos de apreciación, estabilidad y devaluación de la moneda colombiana se pueden observar en el gráfico 1.

Tabla 1. Devaluaciones LATAM

	Colombia	Mexico	Brasil	Chile	Perú	Argentina	Venezuela
Año corrido	-5,6%	9,5%	-12,1%	-3,3%	-2,6%	6,7%	58,7%
Año completo	18,2%	22,0%	11,4%	8,1%	5,2%	52,6%	58,7%
Dos años atrás	59,3%	44,8%	56,6%	23,0%	19,1%	69,8%	57,5%
Tres años atrás	58,5%	49,2%	64,2%	38,3%	21,7%	159,2%	58,7%

Fuente: Bloomberg

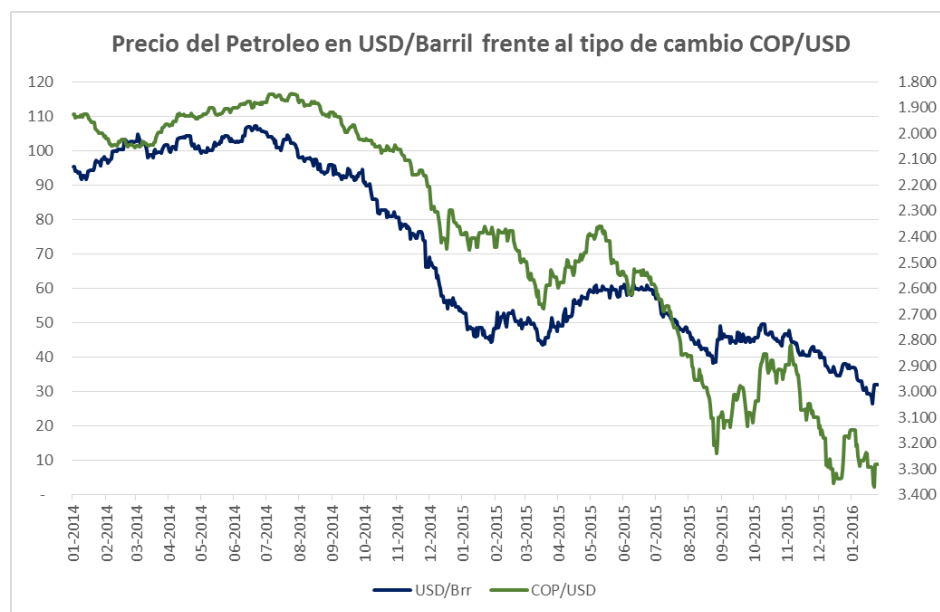
Gráfico 1. Tipo de Cambio COP USD



Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia

Es importante aclarar que otros mercados emergentes han sufrido el mismo fenómeno en los últimos meses, entre otras causas por los cambios en precios de *commodities* como el petróleo o por los reajustes en economías desarrolladas. En el gráfico 2 se puede observar la alta correlación (68,4%) entre los precios del petróleo WTI frente al tipo de cambio COP/USD durante el periodo comprendido entre enero de 2014 a enero de 2016. El impacto de la caída en los precios del petróleo sobre el tipo de cambio COP/USD se magnifica en un país como Colombia donde el sector minero-energético a diciembre de 2015 representaba el 8% del PIB, el 70% de las exportaciones y el 85% de la inversión extranjera directa (Fuente. DANE)

Gráfico 2. Precio del petróleo en USD/ Barril frente al tipo de cambio COP/USD



Fuente: Bloomberg y Banco de la República

Son estas volatilidades que cobran relevancia al tema de investigación, buscando conocer si se hubiese generado mayores ganancias cubriendo los retornos a la exposición de riesgo cambiario.

Esta problemática genera el interrogante: ¿cómo obtener beneficios en términos de reducción de volatilidad de los retornos generados en transacciones de comercio exterior en USD, a partir de la cobertura del riesgo cambiario inherente?

Para responder a este interrogante, se analizarán los posibles beneficios en términos de reducción de volatilidad mediante el uso de una estrategia de cobertura. Se compararán los retornos cubiertos y no cubiertos bajo el uso de betas constantes y betas dinámicos, dado que los modelos que permiten evolución dinámica de varianzas y covarianzas han ganado popularidad. Los supuestos de invariabilidad en el tiempo han sido cuestionados por diversos investigadores, quienes muestran que a medida que nueva información llega al mercado el

riesgo podría cambiar por lo tanto, la necesidad de cobertura (tasa óptima de cobertura) podría cambiar.

Con lo anterior, es posible afirmar que al calcular una tasa óptima de cobertura cambiaria dinámica, se pueda obtener ganancias en términos de reducción de riesgo debido a la alta volatilidad en los retornos.

Otros trabajos empíricos sobre cobertura dinámica de tasas de cambio han sido aplicados a saber sobre monedas como la corona Sueca, Euro, Dólar Norteamericano, Libra esterlina, Marco Alemán, Yen Japonés, Dólar canadiense y Franco Suizo; dentro de los estudios y casos revisados no se evidencia un trabajo similar para el peso Colombiano.

Este trabajo de grado tiene como principal objetivo evaluar la reducción en varianza y los retornos mediante el uso de un modelo de cobertura cambiaria.

Para alcanzar el objetivo principal, se examinarán las metodologías de cobertura existentes que minimicen la volatilidad o que maximicen los retornos esperados, también se compararán los retornos cubiertos y no cubiertos en términos de reducción de varianza, bajo un modelo de regresión lineal con betas constantes y con betas dinámicos, y por último se calculará una tasa de cobertura óptima expresada el porcentaje a cubrir del activo subyacente para minimizar la varianza de los retornos cubiertos.

A continuación mencionaremos algunos de los trabajos más relevantes que anteceden la presente investigación como una aproximación al estado del conocimiento sobre este tema:

En una economía abierta las empresas transan en diferentes monedas al exportar bienes o servicios producidos en su país de origen o al importar bienes de capital para apalancar su aparato productivo o bienes de consumo final que les permitan desarrollar sus actividades comerciales. Es allí donde “El riesgo cambiario que surge al utilizar divisas es un componente más a tener en cuenta en las operaciones de compraventa internacional y en la política financiera si se quieren aprovechar las ventajas que representa participar en un

mercado globalizado” (Gutierrez & Fuentes Martin, 2004). Conocer y prepararse para enfrentar los riesgos asociados a estas actividades, requiere un estudio y gestión integral de riesgos de mercado; lo cual involucra generalmente una cobertura que “se produce cuando una empresa expuesta a un determinado riesgo intenta eliminarlo tomando una posición opuesta en uno o más instrumentos derivados.” (De La Torre Gallegos & Bellini, 2009).

Ampliando el concepto, “un derivado puede ser definido como instrumento financiero cuyo valor depende de (o se deriva de) el valor de otro, básicamente variables subyacentes” (Hull, 2009).

Es deseable que las empresas conozcan y administren sus riesgos a fin de generar valor para los accionistas, minimizando pérdidas potenciales por exposición en mercados con alta volatilidad e incertidumbre, como es el caso de las economías emergentes. Es precisamente en mercados imperfectos como es el caso de América Latina, que la gestión del riesgo aumenta el valor de la compañía al reducir los costos de quiebra, de subinversión, de sustitución de activos y del comportamiento gerencial disfuncional (Ibañez, Romero-Meza, Coronado-Ramirez, & Venegas-Martinez, 2015).

Otros trabajos también han probado los efectos de la administración de riesgos y decisiones de cobertura en el valor de la firma, para el caso específico de Colombia, Gómez-Gonzalez, León Rincon, & Leiton Rodriguez (2009) encontraron en la muestra de 8 grandes compañías no-financieras colombianas que la tasa de crecimiento de la Q de Tobin depende significativamente del tamaño de la firma y la cobertura que tome.

En el trabajo de Magner & Lavín (2012) se evidencia que las empresas más grandes tienden a cubrirse más que las pequeñas, incluso tienen mayores oportunidades de crecimiento y reducción de probabilidades de quiebra.

La literatura sobre los efectos de la cobertura es extensa y es de ayuda para explicar los beneficios a su favor, sin embargo uno de los más discutidos es el que mide la efectividad de la cobertura al minimizar la varianza de los flujos de caja. Este enfoque tendrá especial relevancia en el trabajo aquí desarrollado.

Uno de los primeros trabajos donde se estiman tasas de cobertura de mínima varianza aplicadas a los mercados financieros es el de Ederington (1979) quien al respecto dice que el valor del ratio que minimiza la varianza de la cartera cubierta es la pendiente de la recta de regresión por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) entre las diferencias de primer orden de precios (o rendimientos) al contado respecto a los de futuro. Debido a que es el criterio más utilizado, vale la pena aclarar que el objetivo que se persigue es minimizar el riesgo de la posición cubierta, medido por la varianza del rendimiento.

Para el caso colombiano, Maya Ochoa, Jaramillo Ospina, & Montoya Madrigal (2011) comparan la evolución de la desviación estándar de un portafolio cubierto versus el descubierto para indagar si hay ganancias en términos de una menor volatilidad del portafolio a través del empleo de coberturas. Concluyendo que la desviación estándar del portafolio cubierto es menor a la del portafolio descubierto, dando indicios de que se pueden obtener ganancias en términos de reducción de riesgo para el inversionista colombiano al usar coberturas para su portafolio.

Aragó & Fernandez (2002) encuentran dos problemas básicos en la metodología propuesta por Ederington. El primero de ellos es que se considera como hipótesis que la función de distribución de los precios al contado y de futuro se mantienen constantes en el periodo analizado y el segundo es que no tiene en cuenta las posibles relaciones de cointegración entre las series de contado y futuro.

También aseguran que si se constata la existencia de heterocedasticidad condicional autorregresiva (ARCH por sus siglas en inglés) en las series de rendimientos de contado y de futuro, las funciones de distribución condicional diferirán de las incondicionales y no tendrá sentido estimar el ratio de mínima varianza considerando que los momentos de segundo orden son constantes en el tiempo.

Lo adecuado en este caso, será realizar coberturas de carácter dinámico en las que el coberturista deberá ajustar su ratio de mínima varianza a la llegada de nueva información. Por otra parte, si los precios de contado y futuro están cointegrados y no

se incorpora el término de corrección de error (TCE) se obtendrán problemas de mala especificación. (Aragó & Fernandez, 2002, pp. 40).

Lence, Kimle, & Hayenga (1993) presentan un modelo de cobertura dinámico un poco más complejo al estático pero más simple a otros existentes para la fecha, superando la representación restrictiva y poco ajustada a la realidad de los modelos estáticos donde después de la cobertura los agentes reciben nueva información y tienen oportunidad de modificar su posición de liquidez y ajustar (posiblemente liquidar) la cobertura en pie.

Engle (2014) Introduce un nuevo método para estimar regresiones de series de tiempo que permiten la variación en el tiempo de los coeficientes de regresión llamados Betas dinámicos condicionales, extendiendo su análisis en un contexto multivariado dado que casi todas estas aplicaciones involucran sólo modelos bivariados donde sólo hay una covarianza a ser estimada y la tasa o ratio de cobertura es simplemente el cociente o ratio de la covarianza condicional y la varianza condicional. El modelo desarrollado por Engle se aplica en dos contextos, valoración de activos multi-factor y la evaluación del riesgo sistemático.

La aplicación de modelos de cobertura dinámicos es presentada en trabajos empíricos como en Czeckierda & Zhang (2010) quienes evalúan el desempeño de los ratios de cobertura de mínima varianza cambiantes en el tiempo para las tasas de cambio USD/SEK (corona Sueca) y EUR/SEK. Con sus hallazgos concluyen que la cobertura dinámica para la tasa EUR/SEK provee una menor varianza comparada con los portafolios no cubiertos, sin embargo es estrictamente superado por la cobertura estática bajo MCO; para la tasa USD/SEK la cobertura dinámica estrictamente supera la posición no cubierta y también supera marginalmente a la cobertura estática bajo MCO. Esta evidencia para el país nórdico puede diferir en otros países y monedas para los cuales sea aplicado el modelo debido a las diferentes volatilidades de los mercados. Tomaremos como referente este trabajo para ser aplicado al caso colombiano para la tasa de cambio COP/USD.

Este trabajo se dividirá en los subsiguientes capítulos: ii) desarrollo, contiene el marco teórico y la descripción de la metodología a emplear; iii) resultados, en donde se presentarán

los resultados empíricos con cada una de las estrategias de coberturas analizadas, resultados usando una serie de datos dentro y fuera de muestra y iv) conclusiones.

2. Desarrollo

2.1. Marco teórico

2.1.1. Administración del riesgo

Los riesgos de tasa de interés y tasa de cambio, son los riesgos que mayores necesidades de cubrimiento requiere la economía colombiana, pues es difícil identificar algún activo o pasivo de una entidad cualquiera, sea financiera o del sector real, cuyo valor no sea sensible a las oscilaciones de dichas tasas. De allí que la gerencia debe diseñar un plan que le permita la administración eficiente de dichos riesgos, entre ellos los límites de riesgo que están dispuestos a asumir (Viña Gastaka & Sierra Mantallana, 2006).

Por su parte, Andersen (1993) hace énfasis en que para hacer cumplir los límites de los diferentes tipos de riesgos a los que se ven expuestos las compañías, entre ellos el riesgo cambiario, la administración debería implementar un sistema de registro y control adecuado de cada una de éstas exposiciones.

Este sistema de información debe cumplir ciertos requisitos básicos (Andersen, 1993):

- Debe proporcionar información actualizada de precios en todos los instrumentos que componen la exposición de la compañía.
- Debe registrar todas las exposiciones con precisión.
- Debe resumir las exposiciones en los informes de gestión.
- Debe proveer análisis de sensibilidad que revaliden los efectos potenciales de las exposiciones.

Los análisis de sensibilidad deben estar enfocados, en primera instancia a los impactos potenciales en el flujo de caja futuro, sin dejar de lado los efectos que ello pueda generar en el estado de resultados y balance general de la compañía (Andersen, 1993).

2.1.2. Tipos de mercados financieros

Los mercados generalmente están clasificados por los siguientes tipos (Norris, Gaskill, & Bell, 2010):

- El mercado de capitales. Incluye el mercado de acciones y bonos, los cuales tienen instrumentos que pueden ser negociados en las diferentes bolsas de valores.
- El mercado de *commodities* y derivados. Se caracteriza por productos financieros que están basados en activos subyacentes que son negociados en bolsas del mundo, como la bolsa de valores de Chicago.
- El mercado de divisas o Forex por siglas en inglés “foreign exchange”. Es la negociación de monedas a precios reales. Mundialmente, este mercado es el mercado financiero más activo. El volumen diario de este mercado es tres o cuatro veces más grande que la suma de los dos mercados anteriormente mencionados.

Este trabajo se enfocará en el mercado de derivados como parte de su desarrollo, por lo que es necesario profundizar en este tipo de mercado financiero.

2.1.3. Instrumentos derivados

Knop (2009) define los derivados como “productos financieros generados a partir de otros de naturaleza más sencilla, basándose en principios de apalancamiento, por lo que su negociación resulta mucho menos costosa en términos de asignación de recursos. A través de estos instrumentos es posible tomar posiciones alcistas o bajistas en una gran variedad de activos subyacentes con carácter obligatorio o voluntario una vez contratados los mismos”.

Entre los instrumentos derivados más comunes se encuentran los siguientes (Knop, 2009):

- Futuro o Forward: Instrumento que obliga a comprar o vender, respectivamente, un activo subyacente en una fecha futura y a un precio pactado previamente en el

momento de la negociación del mismo, eliminando la incertidumbre sobre su posición futura.

Para identificar las principales diferencias entre los instrumentos financieros Futuros y forwards, Hull (2009) las resume en la siguiente tabla:

Tabla 2. Comparación de contratos futuros y forwards

Forward	Futuro
Contrato privado entre dos partes	Negociado en Bolsa
Contrato no estandarizado	Contrato estandarizado
Usualmente se especifica fecha de entrega	Rango de fechas de entrega
Liquidación al final del contrato	Liquidación diaria
La entrega o liquidación efectiva final usualmente toma lugar.	El contrato usualmente se cierra antes del vencimiento.
No existen garantías.	Existen garantías.
Existe riesgo de contraparte.	No existe riesgo de crédito. Presencia de cámara de compensación.

- Swap: Instrumento que obliga a las partes contratantes a intercambiar pagos de intereses fijos por variables, o diferentes divisas dependiendo del tipo de swap. En este tipo de derivado normalmente no se produce intercambio de principales, sino únicamente de intereses. Solamente en los currency swaps, además de intercambiarse pagos de intereses, se realizan intercambios de principal al inicio, durante o al vencimiento de la vida del instrumento.
- Opción: Instrumento derivado que otorga el derecho al comprador, y obliga al vendedor, a comprar (call) o vender (put) un activo subyacente durante un periodo de tiempo (opción americana) o en una fecha futura (opción europea) a un precio previamente determinado. A diferencia de los derivados anteriores, el comprador de opciones deberá pagar una prima por tener el derecho a la compra o venta, sabiendo

que, en caso de no ser necesario, puede no ejercer el derecho. El vendedor de opciones, por el contrario, cobra una prima y asume el riesgo de que la opción sea ejercida, con el potencial impacto de generar pérdidas ilimitadas.

La mayoría de las opciones negociados en bolsa son americanas (Hull, 2009).

En Colombia, desde septiembre de 2008, se ha venido desarrollando el primer mercado de derivados estandarizado liderado por la Bolsa de Valores de Colombia (Fuente. BVC). Sin embargo, según el informe Caracterización del mercado de derivados cambiarios en Colombia la mayor parte de los derivados se realizan en el mercado Over the counter (OTC) y al analizar la composición del mercado de derivados de tipo de cambio, se encuentra que los forwards son el principal instrumento negociado. Es por esto, que los precios de los contratos forwards serán una de las variables a utilizar para el desarrollo de este trabajo, por lo que es necesario profundizar en este instrumento (Cardozo Alvarado, Rassa Robayo, & Rojas Moreno, 2014).

2.1.4. Forwards de divisas

En respuesta a la expansión continua de los mercados de futuros y opciones, los bancos comerciales internacionales y bancos de inversión han desarrollado un amplio espectro de servicios financieros entregados directamente al cliente (OTC), contrario a las negociaciones en las bolsas de valores. Usualmente los servicios OTC son hechos a la medida para una situación específica del cliente, rompiendo así las restricciones impuestas por los contratos estandarizados negociados en bolsa. Sin embargo, la institución financiera ofrece los servicios OTC cubriendo parte de sus posiciones netas sobre mercados de futuros y opciones (Andersen, 1993).

El mercado forward financiero más activo es el de divisas, en el que se puede comprar o vender divisas a cualquier plazo (desde un día hasta un año). Como ya se ha señalado el resultado de una operación forward se liquida al vencimiento de la misma. Si durante su vida se deseara cerrar o neutralizar la operación, la única vía sería hacer otra de signo contrario

(vender en caso de haber comprado originalmente y viceversa) con el mismo vencimiento. Si bien en ese momento el riesgo conjunto ha desaparecido, el resultado generado hasta entonces no afloraría hasta el vencimiento y la liquidación final de ambas operaciones. (Knop, 2009).

La formación general de precios para una divisa transada a futuro según (Knop, 2009) está en función de las siguientes variables:

- El precio en el momento actual (S) expresado como cantidad de divisa 1 por unidad de divisa 2.
- El tiempo hasta el vencimiento del futuro/forward, en años (T).
- El tipo de interés libre de riesgo hasta el vencimiento de la divisa 1 (r_1).
- El tipo de interés libre de riesgo hasta el vencimiento de la divisa 2 (r_2).

Matemáticamente, el precio futuro (F) teórico viene dado por la siguiente formula (Knop, 2009):

$$F = S * e^{(r_1 - r_2)T} \quad (1)$$

Si el tipo de interés de la divisa 1 supera al de la divisa 2, el precio o tipo de cambio a futuro estimado será superior que al contado. En otras palabras, la mayor rentabilidad por tipo de interés de la divisa 1 se verá compensada por una depreciación relativa a futuro de ésta respecto a la de 2 de menor tipo de interés para que se produzca el equilibrio, en este ejemplo. Si la divisa de mayor tipo de interés además cotizara con apreciación esperada, habría un desequilibrio, por lo que los flujos de capital sólo acudirían a una divisa de tipos más altos y constante apreciación esperada. Esta situación no sería sostenible aclara Knop (2009).

Un ejemplo simple de un esquema de la operación de cobertura cambiaria con forwards asumiendo una tasa de cobertura del 100% ($\beta=1$ o cobertura Naive) sería:

Se asume que es una operación con liquidación financiera, es decir, no hay flujo de dólares. La tasa actual es COP/USD 3.250 y la tasa Forward es de 3.300. Los posibles resultados ante una posible devaluación o revaluación de la moneda serían:

Devaluación:

Tasa final: 3.400

Ganancias de la cobertura: $(3.400 - 3.300) = 100$

Revaluación:

Tasa final: 3.200

Pérdida de la cobertura: $(3.200 - 3.300) = -100$

2.1.5. Métodos para determinar la tasa o ratio óptimo de cobertura.

Con la finalidad de conocer algunos de los métodos utilizados para determinar la tasa o ratio óptimo de cobertura y establecer aquella con la cual se desarrollará el ejercicio práctico aplicado a los sectores más importantes de la economía colombiana que transan en moneda extranjera; hemos tomado la estructura trazada por Aragón Manzana (2009), quien identifica tres principales enfoques para abordar la forma en que será llevada a cabo la cobertura:

- *Naive*: Implica tomar una posición futura igual como en el contado, es decir tomar una tasa de cobertura de 1 (Czeckierda & Zhang, 2010).
- *Maximización del beneficio*: desarrollada en trabajos como el de Working (1953) quien expone que el objetivo de la cobertura no es solo la disminución del riesgo, sino también la maximización del beneficio tomando una posición futura con el fin de especular, aprovechando los cambios favorables en la relación entre los precios futuros y al contado.
- *Teoría de selección de carteras*: En esta teoría Levi & Markowitz (1979) establecen que los inversionistas tienen una conducta racional para seleccionar su cartera de inversión distribuida de tal forma que maximicen la rentabilidad dado un nivel de riesgo, o

minimicen el riesgo dado un nivel de rentabilidad; quedando incluida dentro de ésta teoría las dos anteriores. Está fundamentado en un análisis de media-varianza, en el cual se asume que el rendimiento de los precios es normal o que la función de utilidad de los inversores es cuadrática (Aragó Manzana, 2009).

Siguiendo esta misma estructura, cuando el objetivo del inversionista es minimizar el riesgo, se nombran algunas maneras de medirlo como:

- *Varianza*: La tasa de cobertura de mínima varianza es un paradigma importante en la teoría de cobertura (Lence & Hayes, The Empirical Minimum-Variance Hedge, 1994). Según Melo Velandia & Becerra Camargo (2005) una forma simple de medir el riesgo de un activo es a través de la volatilidad de sus retornos, ya que cuando un activo tiene alta volatilidad, su resultado presenta una mayor incertidumbre. Una posible aproximación a la volatilidad es la desviación estándar del activo. Aragón Manzana (2009) encuentra que el primer autor en utilizar la teoría de selección de carteras para estimar ratios de cobertura de mínima varianza fue Johnson (1960).

Según Aragón Manzana (2009), bajo esta aproximación se asumen hipótesis restrictivas: que el objetivo del inversor es simplemente disminuir el riesgo de su cartera, sin importar los efectos sobre la rentabilidad; que los residuos del modelo de regresión estimados no presentan problemas como autocorrelación, heteroscedasticidad, etcétera; y que el rendimiento de los mercados se distribuye como una normal o que la función de utilidad de los inversores es cuadrática.

- *Coefficiente Media de Gini Extendido*: En el trabajo de Cheung, Kwan, & Yip (1990) se calcula el ratio de mínima varianza con el coeficiente media de Gini como medida de riesgo. Esta puede usarse sin realizar supuestos de normalidad o utilidad cuadrática sobre la función de distribución conjunta de los rendimientos de contado y futuro, como se hace bajo el enfoque de media-varianza.

Hodgson & Okunev (1992), proponen el coeficiente Media Gini Extendido que permite sean determinados los ratios de cobertura para una más amplia clase de inversionistas aversos al riesgo.

Shalit (1995) Compara empíricamente el ratio de cobertura calculado con el coeficiente de Gini extendido y el ratio de cobertura de mínima varianza, demostrando que son iguales cuando la distribución conjunta de posiciones futuras y al contado, tienen una distribución normal.

- *Momentos parciales más bajos LPM* (por sus siglas en inglés): Este enfoque fue introducido en la teoría de portafolios principalmente por (Bawa, 1975) quien propone una medida de dispersión llamada varianza parcial de media más baja en la cual sólo se consideran las desviaciones del rendimiento negativo, recogiendo así sólo el riesgo de las pérdidas y no tanto de pérdidas como ganancias tal como se calcula con la mínima varianza.

Trabajos posteriores han desarrollado éste enfoque, demostrando empíricamente que tanto LPM como Mínima varianza producen rendimientos similares; tal como lo cita Aragón Manzana (2009), TSE & Lien (1998) demuestran que el ratio de cobertura obtenido utilizando LPM igualará al encontrado por mínima varianza si la distribución conjunta de los rendimientos de contado y futuro sigue una distribución normal.

Por último en la estructura, cuando el objetivo del inversionista es maximizar ganancias o la función de utilidad hablando en términos de la teoría de selección de carteras, en vez de un ratio de mínima varianza se hablaría de un ratio o tasa de cobertura óptima y aunque esto muestra una diferencia entre el ratio de cobertura óptimo y el ratio de cobertura de mínima varianza (Aragón Manzana 2009); Benninga, Eldor, & Zilcha (1984) demuestran que si se supone que el mercado de futuros es eficiente el ratio de cobertura de mínima varianza también es el ratio óptimo de cobertura.

Como hemos revisado en la teoría sobre tasas de cobertura, la mayoría de aproximaciones convergen al ratio de cobertura de mínima varianza al aceptar algunos supuestos o relajando otros.

Por ésta razón este ratio será el usado dentro del trabajo aquí desarrollado.

2.1.6. Métodos de estimación del ratio de cobertura de mínima varianza

Hull (2009) Define el ratio de cobertura de mínima varianza como la pendiente de la línea que mejor se ajusta cuando la diferencia de precios al contado es regresada con la diferencia de precios de los futuros; algunos de los métodos de estimación de éste ratio pueden mencionarse como:

La técnica de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) es una técnica estadística que usa datos de muestra para estimar la relación entre dos variables. Es frecuentemente usada porque su implementación es sencilla y fácil de entender; sin embargo la técnica es usada cuando el modelo tiene coeficientes constantes (Punales, 2011). Es por esto que,

Un método usado frecuentemente en el marco de la regresión para explicar el comportamiento dinámico... es la regresión con ventanas rodantes. El método implica el uso de una ventana de datos más cortos y recientes para estimar los parámetros de regresión usando el método de mínimos cuadrados ordinarios en cada ventana. (Punales, 2011, pp. 10-11).

A pesar de que el método de estimación con ventanas rodantes mejora al calculado por MCO dado que permite incluir betas dinámicos; es incapaz de capturar cambios inmediatos ya que los parámetros estimados pueden depender de la longitud de la ventana de estimación. Por tanto el uso de un método más general como el filtro de Kalman puede mejorar la estimación de los parámetros (Punales, 2011).

2.1.7. Derivación de la tasa optima de cobertura.

De acuerdo con Czeckierda & Zhang (2010) definimos $\Delta St = St - St-1$ y $\Delta Ft = Ft - Ft-1$ como los retornos sobre la posición spot y futura respectivamente entre el momento $t-1$ y t .

En el momento t-1, el retorno esperado $E_{t-1}(R_t)$, de la cobertura que comprende una unidad de la moneda en el spot y β unidades de contratos forward puede escribirse como:

$$E_{t-1}(R_t) = E_{t-1}(\Delta S_t) - \beta_{t-1} E_{t-1}(\Delta F_t), \quad (2)$$

Donde t-1 es la tasa de cobertura determinada en el momento t-1 para ser empleada en periodo t. La varianza del retorno esperado puede ser escrita como:

$$h_{R,t}^2 = h_{S,t}^2 + \beta_{t-1}^2 h_{F,t}^2 - 2\beta_{t-1} h_{SF,t}, \quad (3)$$

La función de utilidad es como se expresa a continuación:

$$U(E_{t-1}(R_t), h_{R,t}^2) = E_{t-1}(R_t) - \varphi h_{R,t}^2, \quad (4)$$

En esta función de utilidad φ es el coeficiente de aversión al riesgo. Teniendo expresiones para varianza del retorno y utilidad del coberturista se puede especificar la maximización del problema como:

$$\begin{aligned} \max U(E_{t-1}(R_t), h_{R,t}^2) \\ = E_{t-1}(\Delta S_t) - \beta_{t-1} E_{t-1}(\Delta F_t) - \varphi(h_{S,t}^2 + \beta_{t-1}^2 h_{F,t}^2 \\ - 2\beta_{t-1} h_{SF,t}) \end{aligned} \quad (5)$$

Resolviendo la ecuación (5) respecto a β bajo el supuesto que F_t es un proceso martingala tal que $E_{t-1}(\Delta F_t) = E_{t-1}(F_t) - F_{t-1} = F_t - F_{t-1} = 0$, el número óptimo de contratos forward β_{t-1}^* que maximiza la utilidad del coberturista es como sigue:

$$\beta_{t-1}^* = \frac{h_{SF,t}}{h_{F,t}^2} \quad (6)$$

La tasa de cobertura de mínima varianza es una covarianza entre los precios spot y forwards dividido por la varianza de los precios forwards.

Siguiendo a Brooks, Henry, & Persaud (2002), si la matriz de varianza-covarianza es constante en el tiempo (y si S_t y F_t no están cointegrados), entonces un estimativo de β^* , la tasa óptima de cobertura constante, puede ser obtenido mediante el uso de MCO.

Sin embargo, como lo menciona Brooks, Henry, & Persaud (2002) ha sido demostrado en numerosos estudios que los datos no soportan el supuesto de que la matriz de varianza-covarianza de los retornos es constante en el tiempo. Por lo tanto, como metodología adicional se sigue la literatura reciente empleando el modelo GARCH, el cual permite capturar el dinamismo de la matriz de varianza-covarianza usados como datos para la tasa de cobertura variante en el tiempo.

Finalmente, una vez calculados los betas, la liquidación de la posición (retornos) en el momento t podrá ser calculada como sigue:

$$R_t = \Delta S_t - \beta_t \Delta F_t \quad (7)$$

2.2. Metodología

Para el desarrollo de este trabajo se usará la serie diaria de precios de la tasa COP/USD y la de los precios de los forward COP/USD y estimar los betas o tasas de cobertura óptima. Para cada una de las series anteriormente mencionadas se usarán 4056 observaciones diarias de un periodo de tiempo comprendido entre 13/03/2000 a 08/04/2016.

El beta o tasa óptima de cobertura será la variable a modelar, para lo cual se usará el Software Eviews 9.0.

2.2.1. Estrategias para el cálculo de la tasa de cobertura.

Se compararán cinco estrategias de cobertura:

- i) la no cobertura, para el cual la tasa de cobertura de la ecuación (7) será cero;
- ii) la cobertura con relación 1:1 o Naive, para el cual la tasa de cobertura de la ecuación (7) será una unidad;
- iii) la estimación de la tasa de cobertura de mínima varianza bajo una regresión de mínimos cuadrados ordinarios (OLS por sus siglas en inglés) que será calculada con betas constantes al asumir varianzas y covarianzas constantes en el tiempo.

El modelo a estimar será:

$$\Delta S_t = \alpha + \beta \Delta F_t + E_t, \quad (8)$$

donde el coeficiente β corresponderá a la tasa de cobertura de mínima varianza.

Para el desarrollo de este modelo, se graficará cada una de las siguientes variables a introducir en la regresión lineal:

- Spot: corresponde a la TRM o promedio diario de compra y venta para la tasa de cambio COP/USD.
- Forward: corresponde al precio de cierre de los contratos forwards con vencimiento de 1 mes.

Para comprobar si existe estacionariedad en las series se hará un test de raíz unitaria empleando la prueba de Dickey-Fuller Aumentada (ADF por sus siglas en inglés). Si las series presentan raíz unitaria, significa que se trabajarán en primeras diferencias al momento del cálculo de las tasas de cobertura de mínima varianza.

La noción de estacionariedad es importante en series econométricas de tiempo, dado que usar una serie de tiempo no estacionaria en un análisis de regresión puede traer consigo resultados espurios, lo que significa que el modelo puede encontrar un fuerte relación entre variables cuando realmente no lo hay. (Czeckierda & Zhang, 2010)

- iv) la estimación de la tasa de cobertura de mínima varianza mediante el uso de ventanas rodantes bajo una regresión OLS que será calculada con betas dinámicos dado que el procedimiento consiste en estimar los β de la ecuación (9) en diferentes ventanas de datos. El modelo a estimar sería:

$$\Delta S_t = \alpha + \beta_t \Delta F_t + E_t \quad (9)$$

Por último;

- v) la estimación de la tasa de cobertura bajo el modelo bivariado GARCH. Dado que las series Spot y Forward son no estacionarias existe la posibilidad de cointegración, es decir que presentan entre ellas una relación de largo plazo. Por tanto se debe estimar un modelo de corrección de error (VECM).

Para determinar si existe cointegración se realizan dos pruebas llamadas “Engle–Granger” y “Johansen Cointegration”. Estas pruebas tienen como objetivo estimar la regresión:

$$S_t = \beta_0 + \beta_1 F_t + \varepsilon_t \quad (10)$$

Donde una vez obtenidos los errores de esta regresión se determinará si existe cointegración, dado que son estacionarios.

Los modelos VECM sólo se pueden usar con series no estacionarias y permiten estimar los coeficientes de media. Este modelo puede ser denotado de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \Delta S_t &= \alpha_{1,0} + \sum_{i=1}^n \beta_{1,i} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_{2,i} \Delta F_{t-i} + \delta_1 \varepsilon_{t-1} + \eta_{1,t} \\ \Delta F_t &= \alpha_{2,0} + \sum_{i=1}^n \alpha_{1,i} \Delta F_{t-i} + \sum_{i=1}^n \alpha_{2,i} \Delta S_{t-i} + \delta_2 \varepsilon_{t-1} + \eta_{2,t} \end{aligned} \quad (11)$$

Donde δ_1 y δ_2 son los términos de corrección de error.

Los residuos de la especificación VECM serán usados para la modelación de la matriz de varianza covarianza. Para comprobar la validez de la especificación VECM es necesario aplicar una prueba de estabilidad del modelo y una prueba de los residuales de las ecuaciones, que busca determinar si los errores son ruido blanco.

Para modelar la matriz de varianza covarianza condicional se incluirá en el modelo GARCH la especificación diagonal BEKK desarrollada por Engle & Kroner (1995) dada la simplificación en el uso de parámetros comparado con otros modelos. Con este modelo se garantiza que la matriz de varianza covarianza sea siempre positiva.

La ecuación de varianza en el modelo BEKK para un GARCH (3,1) se muestra a continuación:

$$\begin{aligned}
 H_t &= C_0'^* C_0^* + A_{11}'^* \varepsilon_{t-1} \varepsilon_{t-1}' A_{11}^* + A_{22}'^* \varepsilon_{t-1} \varepsilon_{t-1}' A_{22}^* + A_{33}'^* \varepsilon_{t-1} \varepsilon_{t-1}' A_{33}^* + B_{11}'^* H_{t-1} B_{11}^* \\
 C_0^* &= \begin{bmatrix} C_{11}^* & C_{12}^* \\ 0 & C_{22}^* \end{bmatrix} A_{11}^* = \begin{bmatrix} \alpha_{111}^* & \alpha_{112}^* \\ \alpha_{121}^* & \alpha_{122}^* \end{bmatrix} A_{22}^* = \begin{bmatrix} \alpha_{211}^* & \alpha_{212}^* \\ \alpha_{221}^* & \alpha_{222}^* \end{bmatrix} A_{33}^* \\
 &= \begin{bmatrix} \alpha_{311}^* & \alpha_{312}^* \\ \alpha_{321}^* & \alpha_{322}^* \end{bmatrix} B_{11}^* = \begin{bmatrix} \beta_{11}^* & \beta_{12}^* \\ \beta_{21}^* & \beta_{22}^* \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{12}$$

El orden del GARCH es determinado por medio de la prueba Lagrange Multiplier (LM).

Asumiendo que los parámetros que están por fuera de la diagonal en las matrices A_{11} , A_{22} , A_{33} y B_{11} son iguales a cero, el número de parámetros a emplear en el modelo será 11.

Con este modelo se hallará la covarianza entre el precio spot y forward y la varianza del forward, que luego serán empleados para el cálculo de la tasa de cobertura de mínima varianza en la ecuación 6.

Cabe mencionar que antes que el modelo MGARCH sea ajustado a los residuales del VECM es necesario realizar pruebas de existencia de efecto ARCH en los residuales. Para este propósito se aplicará una prueba Lagrange Multiplier (LM) donde la hipótesis nula será que no existe efecto ARCH.

Una vez se corra el modelo MGARCH es necesario determinar la permanencia de efecto ARCH en los residuales del modelo ajustado. Para esto aplicamos la misma prueba anterior que además permite determinar el orden del modelo MGARCH. Véase (Lutkepohl, 2005).

2.2.2. Evaluación de las estrategias de cobertura

Se comparará el desempeño de cada uno de los modelos y se concluirá de acuerdo a las estimaciones arrojadas, los retornos de cada estrategia y el comportamiento del riesgo.

Una vez calculada la varianza de los retornos se analizará si hubo reducción en la misma respecto a la posición no cubierta. Dicha reducción será calculada como sigue:

$$\text{Reducción de varianza} = \frac{h_{R,cubiertos} - h_{R,no\ cubiertos}}{h_{R,no\ cubiertos}} \quad (13)$$

Cada una de las estrategias de cobertura será evaluada dentro y fuera de muestra, tomando para esta última el 15% total de datos empleados en el modelo.

3. Resultados

3.1. OLS

Los gráficos de las series de datos establecidas se presentan a continuación:

Gráfico 3. Serie de datos – Spot

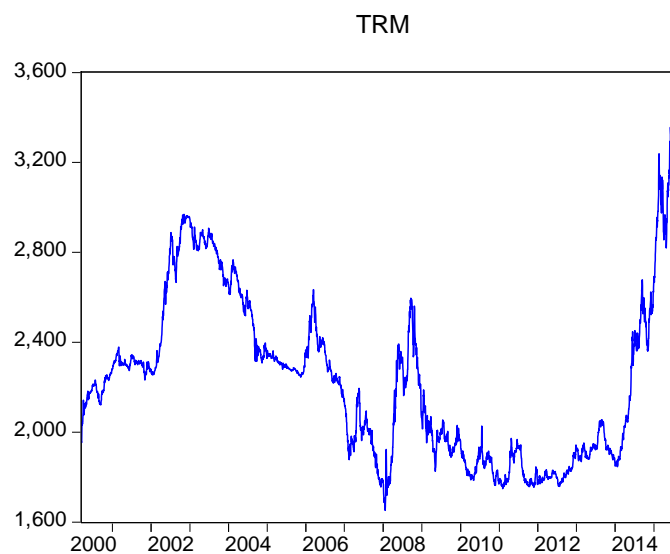
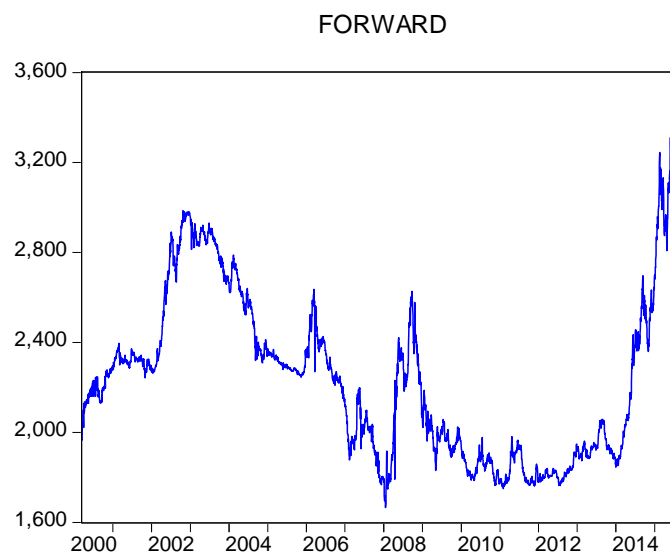


Gráfico 4. Series de datos - Forward



Con las gráficas se observa que las series dan indicios de ser paseo aleatorio, ya que no tienen dirección aparente, por tanto se evidencia que son series no estacionarias.

Para comprobar si son series no estacionarias, es necesario aplicar a cada una de ellas la prueba de ADF.

Bajo la hipótesis nula las series contienen raíz unitaria y por lo tanto son no estacionarias. Un paso importante para la prueba ADF fue escoger el criterio de información de Akaike para determinar el número de rezagos óptimo. Dado que visualmente no se encuentra una tendencia aparente de las series analizadas, en las ecuaciones de ADF no se incluyó ninguna exógena determinística, es decir ninguna constante ni tendencia.

Se toman los residuos de las ecuaciones de ADF de cada una de las series y se estima su correlograma con el fin de comprobar que son ruido blanco, para esto en el correlograma las autocorrelaciones deben ser muy pequeñas o iguales a cero.

A continuación se muestran los de la prueba ADF:

Tabla 3. Prueba ADF series de datos

Series	t-statistic	P-value	Rezagos
Spot USD/COP	0,736151	0,8735	12
Forward COP/USD	0,583266	0,8423	71

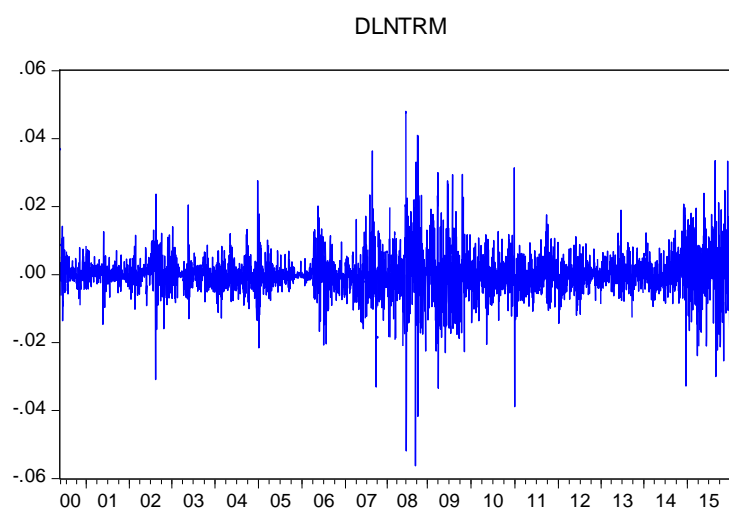
Dado que en ninguno de los casos se rechaza la hipótesis nula, las series tienen raíz unitaria, por lo tanto son no estacionarias.

Para la validez de la prueba, se comprobó que los errores de la ecuación de ADF son ruido blanco.

Como todas tienen raíz unitaria el paso a seguir es diferenciar todas las variables para calcular las tasas de cobertura de mínima varianza. Se realizaron las pruebas de raíz unitaria sobre las series diferenciadas y la hipótesis nula de existencia de raíz unitaria fue rechazada

A continuación se presenta el gráfico en primeras diferencias de la serie spot COP/USD donde se observa que los datos tienden a la media.

Gráfico 5. Serie de datos Spot diferenciada



De acuerdo a los resultados de la tabla 4 los coeficientes de todas las variables incluidas en el modelo son significativos por tanto explican a la variable dependiente.

Tabla 4. Resumen de resultados con estimación OLS

Variable	Coeficientes	Error estándar	p-value
DLNFORWARD	0,08057	0,011515	0,0000
C	0,000105	0,000103	0,3076

El ratio de cobertura de mínima varianza a usar en la ecuación 7, será el coeficiente de la variable DLNFORWARD. De acuerdo a esto, un coberturista tomaría una posición en contratos forward del 8,057% del monto expuesto para cubrir su actual posición en el mercado Spot.

3.2. Ventanas rodantes

Se estimó el modelo mediante la ecuación 9 en diferentes ventanas de tiempo y moviéndose en las series de datos con diferentes tamaños de pasos. Ver tabla 5.

Tabla 5. Datos de entrada ventanas rodantes

Corrida	Tamaño de la ventana	Pasos
1	20	1
2	20	3
3	20	5
4	20	10
5	20	20
6	30	10
7	30	20
8	40	10
9	40	20

Para determinar cuál de las corridas será usada para la estimación del coeficiente variante en el tiempo, se calculó una matriz de correlaciones entre los coeficientes de aquellas que tenían el mismo tamaño de ventana pero diferente paso, y diferente tamaño de ventana y mismo paso.

Tabla 6. Matriz de correlaciones coeficientes – ventana fija/paso variable

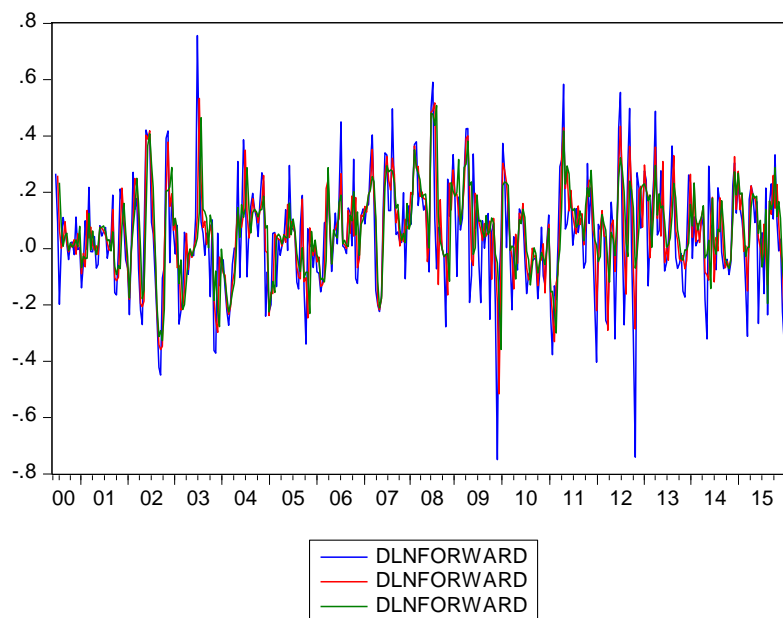
	Coeficientes 20_1	Coeficientes 20_3	Coeficientes 20_5	Coeficientes 20_10	Coeficientes 20_20
Coeficientes 20_1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Coeficientes 20_3	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Coeficientes 20_5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Coeficientes 20_10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Coeficientes 20_20	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Tabla 7. Matriz de correlaciones coeficientes – ventana variable /paso fijo

	Coeficientes 20_10	Coeficientes 30_10	Coeficientes 40_10
Coeficientes 20_10	1,0000	0,7339	0,6072
Coeficientes 30_10	0,7339	1,0000	0,8089
Coeficientes 40_10	0,6072	0,8089	1,0000

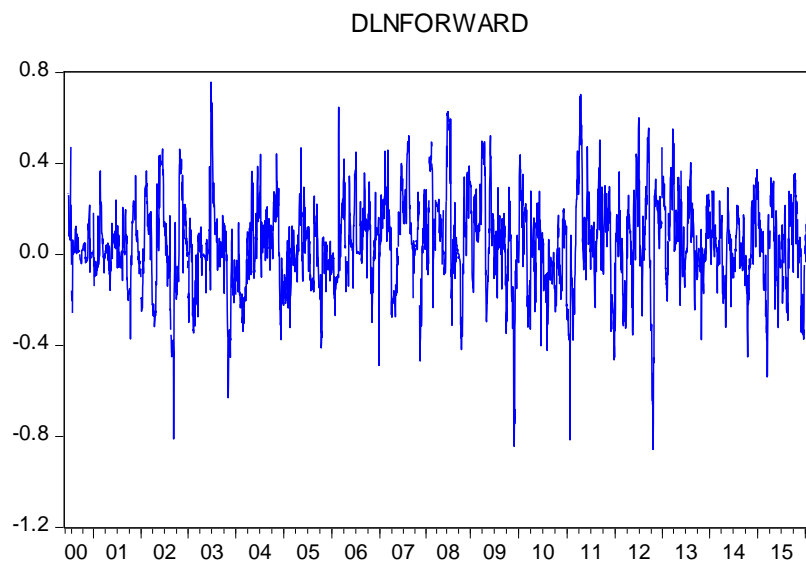
Dado que el resultado de la matriz de correlación de la tabla 6 es 1, es indiferente tomar diferentes pasos como dato de entrada. Al hacer lo mismo pero con cambio de ventana las correlaciones son menores a la tabla 6, sin embargo, al observar los coeficientes de la tabla 7 graficados (gráfico 6), se observa un comportamiento similar, es decir que la conclusión no se va a ver afectada si se escoge un tamaño de ventana diferente.

Gráfico 6. Coeficientes – ventana variable /paso fijo



De esta manera, el gráfico 7 muestra el dinamismo de los ratios de cobertura de mínima varianza calculado con ventanas rodantes, con un tamaño de ventana de 20 y un paso.

Gráfico 7. Tasa de cobertura de mínima varianza con ventanas rodantes



De acuerdo al gráfico 7, la tasa dinámica de cobertura con ventanas rodantes se encuentra entre $-0,8577$ y $0,7567$. Estas tasas de cobertura implican que el coberturista en el primer caso deba tomar una posición igual, es decir, si está largo en el Spot debe estar largo en Forward en casi el 100%, mientras que el segundo caso es tomar una posición contraria en el activo de cobertura también casi en un 100%

3.3. GARCH Bivariado

A continuación se presentan los resultados de las pruebas de cointegración “Engle-Granger” y “Johansen” para comprobar si existe cointegración entre las series.

Tabla 8. Prueba Cointegración Engle-Granger

Series	tau-statistic	P-value	z-statistic	P-value
LNSPOT	-8,0414	0,0000	-201,6785	0,0000
LNFORWARD	-8,0340	0,0000	-200,7360	0,0000

La hipótesis nula de la prueba Engle-Granger es que las series no están cointegradas, dado los P-value de la tabla 8 se rechaza, por lo tanto las series están cointegradas. El criterio de selección de número de rezagos fue Akaike.

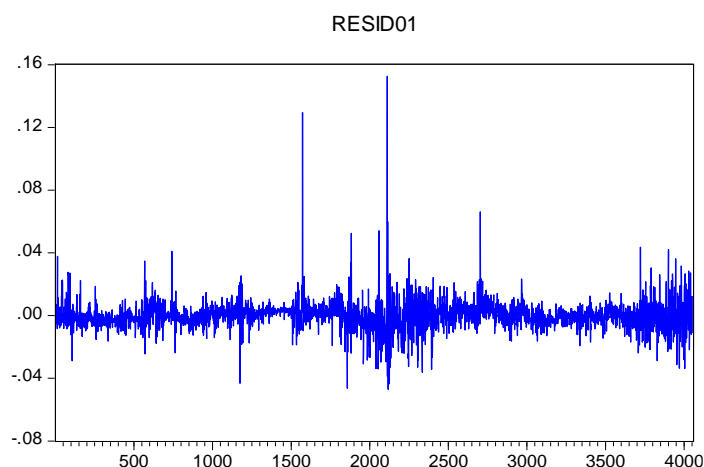
Tabla 9. Prueba Cointegración Johansen

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	P-value
None	0,00370	14,81081	15,89210	0,07330
At most 1	0,00042	1,66178	9,16455	0,84360

La hipótesis nula de la prueba Johansen es que hay n ecuaciones de cointegración. De acuerdo a los resultados de la tabla anterior se rechaza que existe ninguna y no se rechaza que existe como máximo una, de este modo las series spot y forward tienen una ecuación de cointegración. El criterio de selección del intervalo de rezagos fue Akaike.

El equilibrio de cointegración entre estas series puede graficarse (grafico 8), para demostrar que los residuales de la regresión de la ecuación 10 son estacionarios. De esta manera se valida los resultados de las pruebas anteriores.

Gráfico 8. Residuales de la ecuación de cointegración



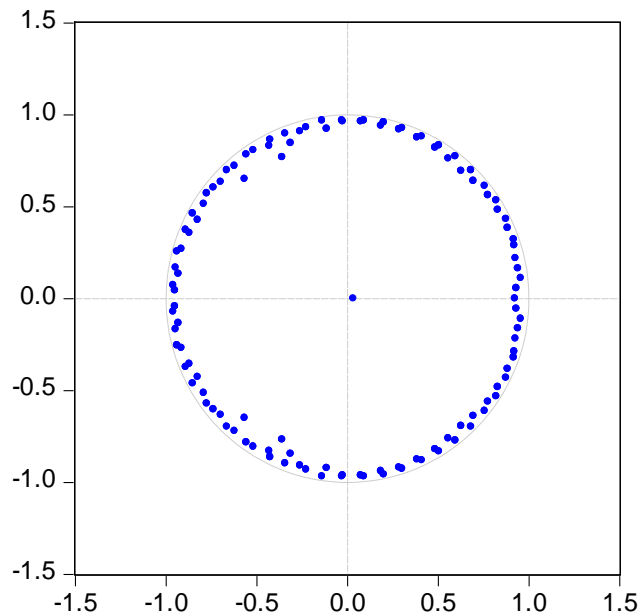
Una vez determinado que existe cointegración se procede a estimar el modelo de corrección de error VECM según la ecuación 11. El número de rezagos óptimo fue 58 y se determinó con el criterio de información de Akaike. Los parámetros estimados junto con significancia estadística son presentados en el anexo A.

Para determinar si el modelo VEC está bien especificado se realizarán las siguientes pruebas:

- Prueba de estabilidad del modelo, verifica que las predicciones que se realizan con el modelo sean estables.

Gráfico 9. Prueba de estabilidad del VECM

Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial



La inversa de los residuales está entre -1 y 1, o dentro del círculo, por tanto existe estabilidad en el modelo.

- Prueba sobre los residuales de las ecuaciones 11, valida que sean ruido blanco. La prueba usada es Portmanteau Autocorrelation donde la hipótesis nula es no autocorrelación de los residuos hasta el rezago h . En número de rezagos seleccionado dado el tamaño de la muestra fue 1000 y en este rezago el Pvalue es cercano a 1, por tanto no se rechaza la hipótesis nula, es decir los errores son ruido blanco

Una vez concluidas las pruebas, se determina que los residuales del VECM serán usados en forma conjunta con los coeficientes de la diagonal BEKK para resolver la ecuación 12. Los parámetros estimados de la diagonal BEKK son presentados en el anexo B. A partir de esto, se extraerá la covarianza y varianza condicional de los precios forward que servirá para obtener la estimación del ratio de cobertura de mínima varianza dinámico. A continuación se presenta gráficamente el comportamiento a través del tiempo de la covarianza entre el spot y el forward, así como la varianza del forward.

Gráfico 10. Covarianza spot y forward

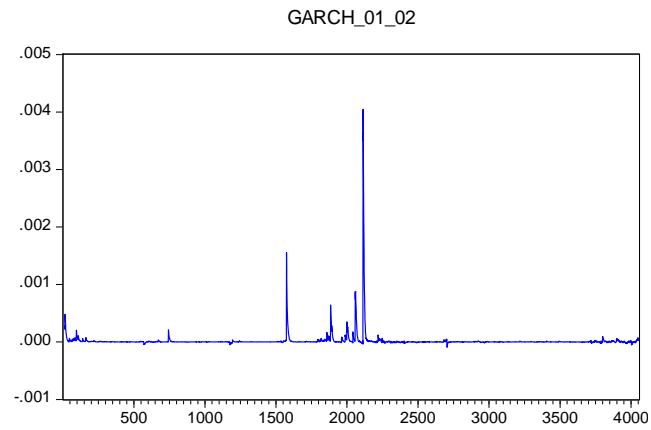
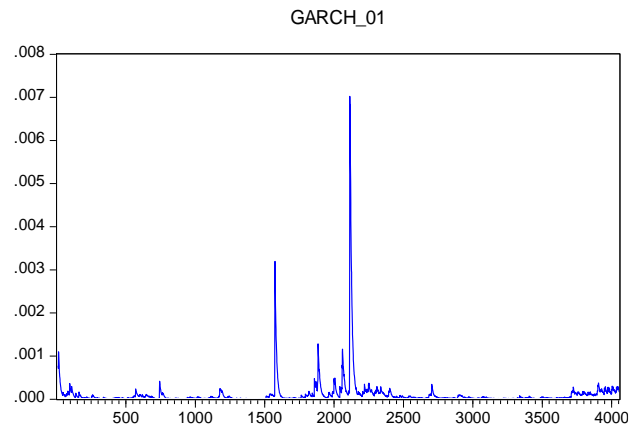
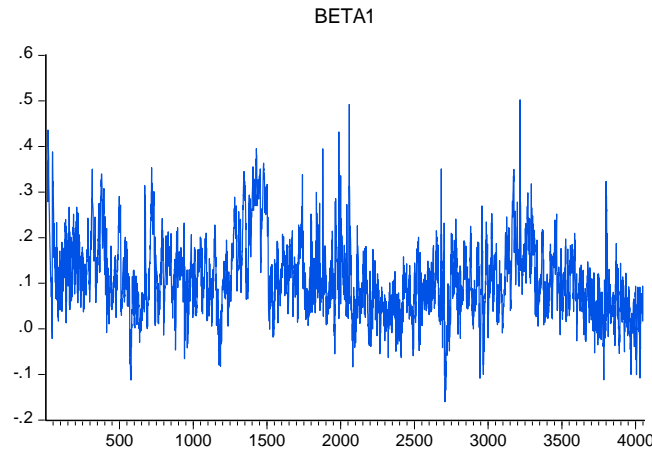


Gráfico 11. Varianza del forward



Una vez obtenido la matriz de varianza covarianza condicional del modelo se puede calcular el ratio de cobertura de mínima varianza condicional de acuerdo a la ecuación 6. El grafico 11 presenta el comportamiento a través del tiempo del beta.

Gráfico 12. Tasa de cobertura de mínima varianza con MGARCH



De acuerdo al gráfico 12, la tasa dinámica de cobertura con MGARCH se encuentra entre -0,1601 y 0,5024. Estas tasas de cobertura implican que el coberturista en el primer caso deba tomar una posición igual, es decir, si está largo en el Spot debe estar largo en Forward en casi el 16,01%, mientras que el segundo caso es tomar una posición contraria en el activo de cobertura también en 50,24%.

Es importante mencionar que las pruebas LM arrojaron existencia ARCH en los residuales antes de modelar el MGARCH. Después de modelar un GARCH (3,1) las pruebas arrojaron que el efecto ARCH fue capturado.

3.4. Evaluación de las estrategias de cobertura

Los retornos son calculados mediante la ecuación 7 y la media representa el rendimiento promedio de los retornos. La reducción en varianza es calculada mediante la ecuación 13.

La tabla 10 muestra los resultados de las estrategias de cobertura dentro de muestra, la muestra empleada incluye el 100% de los datos empleados para el modelo, es decir 4056 observaciones en un periodo de tiempo entre 13/03/2000 y 08/04/2016.

Tabla 9. Evaluación dentro de muestra

	OLS	Ventanas Rodantes	GARCH	Naive	Sin Cobertura
Media	0,000105	0,000097	0,000098	0,000002	0,000114
Varianza	0,000043	0,000040	0,000043	0,000110	0,000043
Reducción en Varianza	-1,2%	-7,6%	-1,0%	154,3%	-

El desempeño de la cobertura por medio de ventanas rodantes genera una reducción en varianza frente a la posición no cubierta superior al resto de las estrategias a pesar de presentar un retorno medio inferior excluyendo la posición *naive*.

La tabla 11 muestra los resultados de las estrategias de cobertura fuera de muestra. La muestra empleada incluye el 15% de los datos empleados para el modelo, es decir 609 observaciones en un periodo de tiempo entre 11/25/2013 y 08/04/2016.

Tabla 10. Evaluación fuera de muestra

	OLS	Ventanas Rodantes	GARCH	Naive	Sin Cobertura
Media	0,000717	0,000846	0,000753	0,000004	0,000780
Varianza	0,000068	0,000072	0,000069	0,000138	0,000069
Reducción en Varianza	-0,6%	4,4%	0,2%	100,5%	-

El desempeño de la cobertura por medio de OLS genera una reducción en varianza frente a la posición no cubierta superior al resto de las estrategias a pesar de presentar un retorno medio inferior excluyendo la posición *naive*.

4. Conclusiones

De acuerdo a los resultados de cada una de las estrategias de cobertura, se puede concluir que existen beneficios en términos de reducción de varianza al cubrir un activo subyacente, en este caso el peso colombiano frente al dólar estadounidense.

Sin embargo, los resultados muestran que la posición de cobertura al 100% o *naive* no presenta beneficios en reducción de varianza o promedio de los retornos frente al resto de las estrategias que establecen una tasa de cobertura diferente.

Una vez analizados los datos, se comprobó el dinamismo presente en los betas debido a la alta volatilidad en la serie de precios spot y forward, razón por la cual es apropiado el uso de coberturas dinámicas mediante las estrategias GARCH y ventanas rodantes. Analizando la reducción en varianza, se comprobó en los datos dentro de muestra que el desempeño de la cobertura es superior con ventanas rodantes. Por el contrario, para los datos fuera de muestra se encontró que el desempeño es superior bajo OLS debido a que el periodo de tiempo analizado presenta menor volatilidad.

Es recomendable para los sectores de la economía con mayor exposición de riesgo cambiario, cubrir el valor de sus importaciones o exportaciones en una tasa dinámica óptima que reduzca la volatilidad y tenga en cuenta la nueva información que llega al mercado.

Bibliografía

- Andersen, T. J. (1993). *Currency and interest rate hedging: a user's guide to options, futures, swaps and forwards contracts*. New York City: New York Institute of Finance.
- Aragó Manzana, V. (2009, Septiembre 2). Teorías sobre cobertura con contrados de futuro. *Cuadernos de Economía*, 157-190.
- Aragó, V., & Fernandez, M. (2002). Cobertura con contratos de futuro. *Revista de economía aplicada*, X(28), 39-62.
- Bawa, V. S. (1975). Optimal rules for ordering uncertain prospects. *Journal of Financial Economics* 2, 95-121.
- Benninga, S., Eldor, R., & Zilcha, I. (1984). The optimal hedge ratio in unbiased futures markets. *The Journal Of Futures Markets*, 4(2), 155-159.
- Brooks, C., Henry, O., & Persaud, G. (2002). The Effect of Asymmetries on Optimal Hedge Ratios. *Chicago Journal*, 75, 333-352.
- Cardozo Alvarado, N., Rassa Robayo, J., & Rojas Moreno, J. (2014). Caracterización del mercado de Derivados Camnarios en Colombia. *Borradores de Economía*(860).
- Castillo, R. A., & Aguila, B. R. (2005, Octubre). Estrategias óptimas de cobertura en presencia de incertidumbre en costos y cantidad. *ABANTE*, 8(2), 88-110.
- Cheung, S. C., Kwan, C. C., & Yip, P. C. (1990). The hedging effectiveness of options and futures: a mean-gini approach. *The Journal of Futures Markets*, 10(1), 61-73.
- Czeckierda, B., & Zhang, W. (2010). *Master degree project no 2010:135*. Retrieved from University of Gothemburg:
https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/22591/1/gupea_2077_22591_1.pdf
- De La Torre Gallegos, A., & Bellini, E. (2009). Técnicas y herramientas para la gestión de riesgos financieros en la empresa. *Contribuciones a la Economía*, 4.
- Ederington, L. H. (1979, Marzo). The hedging performance of the new futures markets. *The journal of finance*, 34(1).
- Engle, R. (2014, Febrero 27). *Federal reserve bank of san francisco*. Retrieved from
http://www.frbsf.org/economic-research/files/Thu_1340_Engle.pdf
- Engle, R. F., & Kroner, K. F. (1995). Multivariate simultaneous generalized ARCH. *Econometric Theory*, 122-150.
- Gómez-Gonzalez, J. E., León Rincon, C., & Leiton Rodriguez, K. (2009). Does the use of foreign currency derivatives affect colombian firms' market value? *Borradores de Economía*.
- Gutierrez, M. C., & Fuentes Martin, F. (2004, Abril-Junio). La reducción de riesgo cambiario en los préstamos de divisas. *El trimestre económico*, LXXI(282), 389-415.

- Hodgson, A., & Okunev, J. (1992). An alternative approach for determining hedge ratios for futures contracts. *Journal of Business Finance and Accounting*, 19(2), 211-224.
- Hull, J. (2009). *Options, futures, and other derivatives*. Toronto: Pearson, Prentice Hall.
- Ibañez, F., Romero-Meza, R., Coronado-Ramirez, S., & Venegas-Martinez, F. (2015). Innovaciones financieras en américa latina: mercados de derivados y determinantes de la administración del riesgo. *MPRA Munich personal RePec Archive*, 24-25.
- Johnson, L. L. (1960, Junio). The theory of hedging and speculation in commodity futures. *The review of Economic Studies*, 27(3), 139-151.
- Knop, R. (2009). *Manual de Instrumentos Derivados*. Madrid, España: Empresa Global.
- Kroner, K. F., & Sultan, J. (1993). Time-varying distributions and dynamic hedging with foreign currency futures. *The Journal and Financial Quantitative Analysis*, 28(4), 535-551.
- Lence, S. H., & Hayes, D. J. (1994, Febrero). The empirical minimum-variance hedge. *American Journal of Agricultural Economics*, 76(1), 94-104.
- Lence, S. H., Kimle, K. L., & Hayenga, M. L. (1993). A dynamic minimum variance Hedge. *Agricultural & applied Economics association*, 75(4), 1063-1071.
- Levi, H., & Markowitz, H. (1979, Junio). Aproximating expected utility by a function of mean and variance. *The American Economic Review*, 69(3), 308-317.
- Lutkepohl, H. (2005). *New introduction to multiple time series analysis*. Berlin: Springer.
- Magner, N., & Lavín, J. (2012). ¿Son los derivados financieros una herramienta de gestión de riesgo de uso frecuente en la industria de agronegocios? *Revista Latinoamericana de administración*, 51, 65-78.
- Maya Ochoa, C., Jaramillo Ospina, C., & Montoya Madrigal, L. (2011). ¿Existen ganancias por la cobertura de riesgo cambiario en un portafolio de acciones global, desde la perspectiva de un inversionista colombiano? *Estudios Gerenciales*, 27, 83-103. Retrieved from Repositorio institucional Universidad EAFIT.
- Melo Velandia, L. F., & Becerra Camargo, O. R. (2005). Medidas de riesgo, características y técnicas de medición: una aplicación del VaR y el ES a la tasa interbancaria de Colombia. *Borradores de Economía*(343).
- Norris, J., Gaskill, A., & Bell, T. (2010). *Mastering the Currency Market: Forex Strategies for High-and-Low-Volatility Markets*. New York City: McGraw-Hill.
- Punales, A. G. (2011). *Time-varying coefficient models and the kalman filter : applications to hedge funds*. Theses and dissertations.
- Shalit, H. (1995). Mean-gini hedging in futures markets. *The Journal of Futures Markets*, 15(6), 617-635.

TSE, Y. K., & Lien, D. (1998). Hedging time-varying downside risk. *Journal of Futures Markets*, 18(1), 705-722.

Viña Gastaka, J., & Sierra Mantallana, J. (2006, Junio). *Proyecto de investigación sobre el funcionamiento de las operaciones a plazo de cumplimiento financiero sobre tipo de cambio peso-US dólar y su tendencia historica en la bolsa de valores de colombia.*

Retrieved from Universidad de la Sabana:

<http://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/5877/127823.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Working, H. (1953). Futures hedging and trading. *The American Economic Review*, 43(3), 314-343.

Anexo A. Resultados de la estimación del VECM

	D(LNFORWARD)	D(LNSPOT)		D(LNFORWARD)	D(LNSPOT)
D(LNFORWARD(-1))	-0,186576 -0,0574 [-3,25036]	0,4972 -0,02662 [18,6784]	D(LNFORWARD(-15))	-0,049353 -0,0792 [-0,62318]	0,217707 -0,03673 [5,92788]
D(LNFORWARD(-2))	-0,208799 -0,06068 [-3,44118]	0,537839 -0,02814 [19,1146]	D(LNFORWARD(-16))	-0,041916 -0,07938 [-0,52802]	0,243994 -0,03681 [6,62802]
D(LNFORWARD(-3))	-0,056617 -0,06432 [-0,88027]	0,470048 -0,02983 [15,7596]	D(LNFORWARD(-17))	-0,022439 -0,07971 [-0,28151]	0,20838 -0,03696 [5,63733]
D(LNFORWARD(-4))	-0,058583 -0,06668 [-0,87858]	0,452487 -0,03092 [14,6334]	D(LNFORWARD(-18))	0,001102 -0,07987 [0,01380]	0,258847 -0,03704 [6,98870]
D(LNFORWARD(-5))	-0,086842 -0,06865 [-1,26498]	0,436074 -0,03184 [13,6977]	D(LNFORWARD(-19))	0,030833 -0,08013 [0,38479]	0,197897 -0,03716 [5,32562]
D(LNFORWARD(-6))	-0,124156 -0,07044 [-1,76267]	0,41234 -0,03266 [12,6238]	D(LNFORWARD(-20))	0,017934 -0,08017 [0,22369]	0,165997 -0,03718 [4,46479]
D(LNFORWARD(-7))	-0,102323 -0,07207 [-1,41985]	0,40502 -0,03342 [12,1193]	D(LNFORWARD(-21))	0,025166 -0,08006 [0,31435]	0,170472 -0,03713 [4,59172]
D(LNFORWARD(-8))	-0,114784 -0,07361 [-1,55943]	0,381209 -0,03413 [11,1681]	D(LNFORWARD(-22))	-0,009964 -0,07999 [-0,12457]	0,189563 -0,03709 [5,11036]
D(LNFORWARD(-9))	-0,0974 -0,07491 [-1,30025]	0,395933 -0,03474 [11,3978]	D(LNFORWARD(-23))	-0,046781 -0,07987 [-0,58574]	0,16117 -0,03704 [4,35162]
D(LNFORWARD(-10))	-0,165192 -0,07623 [-2,16690]	0,334497 -0,03535 [9,46186]	D(LNFORWARD(-24))	-0,047364 -0,07976 [-0,59380]	0,145321 -0,03699 [3,92874]
D(LNFORWARD(-11))	-0,078534 -0,07718 [-1,01750]	0,31883 -0,03579 [8,90773]	D(LNFORWARD(-25))	-0,046008 -0,0795 [-0,57871]	0,144766 -0,03687 [3,92667]
D(LNFORWARD(-12))	-0,078779 -0,0779 [-1,01123]	0,300388 -0,03613 [8,31484]	D(LNFORWARD(-26))	-0,045797 -0,07925 [-0,57787]	0,150922 -0,03675 [4,10657]
D(LNFORWARD(-13))	-0,033853 -0,07848 [-0,43136]	0,245122 -0,03639 [6,73525]	D(LNFORWARD(-27))	-0,043222 -0,07898 [-0,54724]	0,168062 -0,03663 [4,58857]
D(LNFORWARD(-14))	-0,072655 -0,07878 [-0,92228]	0,243316 -0,03653 [6,66038]	D(LNFORWARD(-28))	-0,027858 -0,07882 [-0,35342]	0,167968 -0,03655 [4,59527]

	D(LNFORWARD)	D(LNSPOT)		D(LNFORWARD)	D(LNSPOT)
D(LNFORWARD(-29))	0,003956 -0,07867 [0,05028]	0,17353 -0,03648 [4,75689]	D(LNFORWARD(-43))	-0,000533 -0,07068 [-0,00754]	0,043195 -0,03277 [1,31793]
D(LNFORWARD(-30))	-0,023475 -0,07841 [-0,29937]	0,168914 -0,03636 [4,64518]	D(LNFORWARD(-44))	-0,029892 -0,06956 [-0,42972]	0,035075 -0,03226 [1,08731]
D(LNFORWARD(-31))	-0,027566 -0,07807 [-0,35309]	0,144316 -0,0362 [3,98624]	D(LNFORWARD(-45))	-0,071937 -0,06827 [-1,05376]	0,006711 -0,03166 [0,21197]
D(LNFORWARD(-32))	-0,022825 -0,07763 [-0,29402]	0,126305 -0,036 [3,50840]	D(LNFORWARD(-46))	-0,004052 -0,067 [-0,06048]	0,017076 -0,03107 [0,54957]
D(LNFORWARD(-33))	0,027602 -0,07711 [0,35795]	0,157429 -0,03576 [4,40248]	D(LNFORWARD(-47))	-0,012753 -0,06558 [-0,19445]	0,028618 -0,03041 [0,94098]
D(LNFORWARD(-34))	-0,027424 -0,07674 [-0,35737]	0,145309 -0,03559 [4,08328]	D(LNFORWARD(-48))	-0,045048 -0,06393 [-0,70469]	0,025928 -0,02964 [0,87462]
D(LNFORWARD(-35))	0,003057 -0,07635 [0,04004]	0,134909 -0,03541 [3,81019]	D(LNFORWARD(-49))	-0,074431 -0,06196 [-1,20128]	0,019556 -0,02873 [0,68063]
D(LNFORWARD(-36))	-0,042091 -0,07587 [-0,55480]	0,115514 -0,03518 [3,28338]	D(LNFORWARD(-50))	-0,017195 -0,05995 [-0,28680]	0,043873 -0,0278 [1,57801]
D(LNFORWARD(-37))	-0,010848 -0,07531 [-0,14404]	0,130137 -0,03493 [3,72608]	D(LNFORWARD(-51))	-0,036034 -0,05749 [-0,62675]	0,03694 -0,02666 [1,38551]
D(LNFORWARD(-38))	-0,06947 -0,07473 [-0,92967]	0,123969 -0,03465 [3,57750]	D(LNFORWARD(-52))	-0,075139 -0,05489 [-1,36882]	0,027811 -0,02546 [1,09254]
D(LNFORWARD(-39))	-0,006872 -0,07418 [-0,09263]	0,100117 -0,0344 [2,91024]	D(LNFORWARD(-53))	-0,101774 -0,05191 [-1,96071]	0,033928 -0,02407 [1,40950]
D(LNFORWARD(-40))	-0,013833 -0,07356 [-0,18804]	0,096765 -0,03411 [2,83657]	D(LNFORWARD(-54))	-0,077659 -0,04884 [-1,59023]	0,059166 -0,02265 [2,61261]
D(LNFORWARD(-41))	0,023336 -0,07273 [0,32084]	0,093832 -0,03373 [2,78190]	D(LNFORWARD(-55))	-0,002371 -0,0453 [-0,05234]	0,053536 -0,02101 [2,54854]
D(LNFORWARD(-42))	-0,023688 -0,07171 [-0,33033]	0,060027 -0,03325 [1,80513]	D(LNFORWARD(-56))	-0,06622 -0,04136 [-1,60109]	-0,018384 -0,01918 [-0,95852]

	D(LNFORWARD)	D(LNSPOT)		D(LNFORWARD)	D(LNSPOT)
D(LNFORWARD(-57))	-0,121574 -0,0351 [-3,46383]	-0,051682 -0,01628 [-3,17533]	D(LNSPOT(-13))	0,069701 -0,08033 [0,86763]	-0,233627 -0,03725 [-6,27121]
D(LNFORWARD(-58))	-0,092687 -0,02685 [-3,45164]	-0,040055 -0,01245 [-3,21662]	D(LNSPOT(-14))	0,101532 -0,08069 [1,25830]	-0,224455 -0,03742 [-5,99854]
D(LNSPOT(-1))	0,214427 -0,06484 [3,30707]	-0,43286 -0,03007 [-14,3961]	D(LNSPOT(-15))	0,04954 -0,0809 [0,61240]	-0,237388 -0,03751 [-6,32801]
D(LNSPOT(-2))	0,056803 -0,06715 [0,84588]	-0,44015 -0,03114 [-14,1342]	D(LNSPOT(-16))	0,020108 -0,08125 [0,24749]	-0,218605 -0,03768 [-5,80210]
D(LNSPOT(-3))	0,122635 -0,06913 [1,77409]	-0,442558 -0,03206 [-13,8058]	D(LNSPOT(-17))	-0,027054 -0,08139 [-0,33241]	-0,257288 -0,03774 [-6,81698]
D(LNSPOT(-4))	0,049648 -0,07102 [0,69904]	-0,419122 -0,03294 [-12,7255]	D(LNSPOT(-18))	-0,001159 -0,08161 [-0,01420]	-0,195712 -0,03785 [-5,17128]
D(LNSPOT(-5))	0,102733 -0,07255 [1,41600]	-0,394012 -0,03364 [-11,7111]	D(LNSPOT(-19))	-0,00369 -0,08168 [-0,04518]	-0,159586 -0,03788 [-4,21298]
D(LNSPOT(-6))	0,087839 -0,07399 [1,18715]	-0,406088 -0,03431 [-11,8351]	D(LNSPOT(-20))	0,054227 -0,08161 [0,66443]	-0,149178 -0,03785 [-3,94158]
D(LNSPOT(-7))	0,098359 -0,07545 [1,30365]	-0,403776 -0,03499 [-11,5403]	D(LNSPOT(-21))	0,008747 -0,08144 [0,10740]	-0,183954 -0,03777 [-4,87086]
D(LNSPOT(-8))	0,193221 -0,07683 [2,51488]	-0,366608 -0,03563 [-10,2895]	D(LNSPOT(-22))	0,034199 -0,08132 [0,42055]	-0,166046 -0,03771 [-4,40316]
D(LNSPOT(-9))	0,160209 -0,07807 [2,05222]	-0,309949 -0,0362 [-8,56173]	D(LNSPOT(-23))	0,09782 -0,08121 [1,20456]	-0,126509 -0,03766 [-3,35937]
D(LNSPOT(-10))	0,058338 -0,07887 [0,73971]	-0,287116 -0,03657 [-7,85058]	D(LNSPOT(-24))	0,020167 -0,08093 [0,24919]	-0,160839 -0,03753 [-4,28556]
D(LNSPOT(-11))	0,108249 -0,07937 [1,36384]	-0,301008 -0,03681 [-8,17804]	D(LNSPOT(-25))	0,040763 -0,08067 [0,50528]	-0,151349 -0,03741 [-4,04561]
D(LNSPOT(-12))	0,062729 -0,07995 [0,78463]	-0,246951 -0,03707 [-6,66101]	D(LNSPOT(-26))	0,016372 -0,08044 [0,20353]	-0,148886 -0,0373 [-3,99135]

	D(LNFORWARD)	D(LNSPOT)		D(LNFORWARD)	D(LNSPOT)
D(LNSPOT(-27))	-0,003431 -0,0803 [-0,04273]	-0,177676 -0,03724 [-4,77141]	D(LNSPOT(-41))	0,013658 -0,07308 [0,18689]	-0,066307 -0,03389 [-1,95656]
D(LNSPOT(-28))	0,028102 -0,08013 [0,35069]	-0,150838 -0,03716 [-4,05917]	D(LNSPOT(-42))	-0,012076 -0,07232 [-0,16698]	-0,069573 -0,03354 [-2,07440]
D(LNSPOT(-29))	-0,010504 -0,07975 [-0,13171]	-0,186765 -0,03698 [-5,04993]	D(LNSPOT(-43))	0,077803 -0,07113 [1,09381]	-0,009262 -0,03299 [-0,28078]
D(LNSPOT(-30))	6,22E-05 -0,0795 [0,00078]	-0,14265 -0,03687 [-3,86950]	D(LNSPOT(-44))	0,038314 -0,06997 [0,54754]	-0,031622 -0,03245 [-0,97449]
D(LNSPOT(-31))	0,033944 -0,0791 [0,42911]	-0,12371 -0,03668 [-3,37243]	D(LNSPOT(-45))	0,01273 -0,06871 [0,18527]	-0,024945 -0,03186 [-0,78291]
D(LNSPOT(-32))	-0,036006 -0,07855 [-0,45839]	-0,160299 -0,03643 [-4,40070]	D(LNSPOT(-46))	0,020256 -0,06753 [0,29994]	-0,021652 -0,03132 [-0,69135]
D(LNSPOT(-33))	0,052782 -0,07823 [0,67468]	-0,122439 -0,03628 [-3,37496]	D(LNSPOT(-47))	0,057682 -0,06586 [0,87580]	-0,029302 -0,03054 [-0,95936]
D(LNSPOT(-34))	-0,009743 -0,07782 [-0,12520]	-0,150107 -0,03609 [-4,15950]	D(LNSPOT(-48))	0,141138 -0,06401 [2,20494]	-0,017998 -0,02968 [-0,60632]
D(LNSPOT(-35))	0,017166 -0,07741 [0,22175]	-0,1139 -0,0359 [-3,17301]	D(LNSPOT(-49))	-0,050923 -0,06211 [-0,81994]	-0,069964 -0,0288 [-2,42925]
D(LNSPOT(-36))	0,078236 -0,07681 [1,01861]	-0,129939 -0,03562 [-3,64816]	D(LNSPOT(-50))	0,064846 -0,05951 [1,08964]	-0,046425 -0,0276 [-1,68223]
D(LNSPOT(-37))	0,029516 -0,07612 [0,38774]	-0,14345 -0,0353 [-4,06366]	D(LNSPOT(-51))	0,079975 -0,05726 [1,39666]	-0,03649 -0,02655 [-1,37418]
D(LNSPOT(-38))	0,006068 -0,07574 [0,08011]	-0,074249 -0,03512 [-2,11386]	D(LNSPOT(-52))	0,019959 -0,0543 [0,36755]	-0,079365 -0,02518 [-3,15161]
D(LNSPOT(-39))	0,005566 -0,07512 [0,07410]	-0,097578 -0,03483 [-2,80121]	D(LNSPOT(-53))	0,074183 -0,0513 [1,44610]	-0,061208 -0,02379 [-2,57300]
D(LNSPOT(-40))	0,01555 -0,07438 [0,20906]	-0,057212 -0,03449 [-1,65870]	D(LNSPOT(-54))	0,01869 -0,04778 [0,39118]	-0,027004 -0,02216 [-1,21875]

	D(LNFORWARD)	D(LNSPOT)
D(LNSPOT(-55))	0,061938 -0,04414 [1,40326]	0,070533 -0,02047 [3,44591]
D(LNSPOT(-56))	0,147123 -0,03921 [3,75218]	0,07148 -0,01818 [3,93116]
D(LNSPOT(-57))	0,030691 -0,0312 [0,98383]	0,034364 -0,01447 [2,37540]
D(LNSPOT(-58))	0,04053 -0,02212 [1,83236]	-0,004336 -0,01026 [-0,42276]
C	8,65E-05 -0,00014 [0,63171]	4,45E-06 -6,40E-05 [0,07003]
RESID01(-1)	-0,027312 -0,05536 [-0,49331]	-0,094272 -0,02567 [-3,67183]

Anexo B. Parámetros estimados de la Diagonal BEKK

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	P value
C(1)	-0,00017	0,00007	-2,63829	0,00830
C(2)	0,00000	0,00004	-0,11577	0,90780
Variance Equation Coefficients				
C(3)	0,0000009	0,00000	9,69590	0,0000
C(4)	0,0000005	0,00000	11,21024	0,0000
C(5)	0,0000005	0,00000	31,27296	0,0000
C(6)	0,3581870	0,01395	25,68664	0,0000
C(7)	0,2742520	0,01092	25,11269	0,0000
C(8)	-0,2046290	0,02699	-7,58294	0,0000
C(9)	0,3320290	0,02715	12,23188	0,0000
C(10)	0,2494560	0,02704	9,22635	0,0000
C(11)	0,3501560	0,01889	18,54110	0,0000
C(12)	0,8989280	0,00410	219,44730	0,0000
C(13)	0,8479130	0,00454	186,72500	0,0000